

PAT-NO: JP411200035A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11200035 A
TITLE: SPUTTERING-CHEMICAL VAPOR DEPOSITION
COMPOSITE DEVICE
PUBN-DATE: July 27, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KOBAYASHI, MASAHIKO	N/A
TAKAHASHI, NOBUYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ANELVA CORP	N/A

APPL-NO: JP10021392

APPL-DATE: January 19, 1998

INT-CL (IPC): C23C014/34, C23C014/58 , C23C016/44

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sputtering-chemical vapor deposition composite device in which the mutual contamination of the process is effectively prevented, free from the remarkable increase of the occupancy area and furthermore free from the generation of the problem of reduction in the productivity or the like.

SOLUTION: A sputtering chamber 2 executing sputtering and a CVD chamber 3 executing chemical vapor deposition are airtightly connected via a carrying chamber 1 provided with a carrying mechanism 11, and the

space between the carrying chamber 1 and the CVD chamber 3 is provided with a buffer chamber 4. The buffer chamber 4 has a purge gas introducing system, a heating means and a cooling means for a substrate 9 on the inside. An auxiliary carrying mechanism executing the carrying of a substrate 9 between the buffer chamber 4 and the CVD chamber 3 is provided, and a gate valve 10 provided on the space between the buffer chamber 4 and the CVD chamber 3 is opened only in the case that the pressure in the buffer chamber 4 is higher than that in the CVD chamber 3. On the surface of a titanium thin film produced in the sputtering chamber 2 by sputtering, a titanium nitride thin film is produced in the CVD chamber 3 by CVD, and the structure of a diffusion preventing layer is obtd.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

【特許請求の範囲】

【請求項1】スパッタを行うスパッタチャンバーと、化学蒸着を行うCVDチャンバーとを備え、搬送機構を備えた搬送チャンバーを介してスパッタチャンバーとCVDチャンバーとが気密に接続された構造のスパッタ化学蒸着複合装置であって、搬送チャンバーとCVDチャンバーとの間又は搬送チャンバーとスパッタチャンバーとの間には、バッファチャンバーが設けられており、スパッタチャンバーとCVDチャンバーとは搬送チャンバー及びバッファチャンバーを介して搬送チャンバーに気密に接続されていることを特徴とするスパッタ化学蒸着複合装置。

【請求項2】前記スパッタチャンバー及び前記CVDチャンバーは、前記搬送チャンバーの周囲に気密に接続された処理チャンバーの一つであることを特徴とする請求項1記載のスパッタ化学蒸着複合装置。

【請求項3】前記バッファチャンバーと前記CVDチャンバー又は前記スパッタチャンバーとの間で基板の搬送を行う補助搬送機構が設けられていることを特徴とする請求項1又は2記載のスパッタ化学蒸着複合装置。

【請求項4】前記バッファチャンバーは、前記搬送チャンバーと前記CVDチャンバーとの間に設けられているとともに、内部にバージガスを導入するバージガス導入系を有しており、バッファチャンバーとCVDチャンバーとの間に設けられたゲートバルブは、バッファチャンバー内の圧力がCVDチャンバー内の圧力より高い場合にのみ開かれるものであることを特徴とする請求項1、2又は3記載のスパッタ化学蒸着複合装置。

【請求項5】前記バッファチャンバー内で基板を所定温度に加熱する加熱手段又は基板を所定温度に冷却する冷却手段を有していることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載のスパッタ化学蒸着複合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願の発明は、本来異種の装置であるスパッタ装置と化学蒸着(Chemical Vapor Deposition, CVD)装置とを複合させたスパッタ化学蒸着複合装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】スパッタ装置と化学蒸着装置は、ともに対象物の表面に所望の薄膜を作成する装置として従来から知られている。スパッタは、物理蒸着と呼ばれる成膜手法の一一種である。スパッタは、イオン化したガス分子を電界で加速してターゲットに衝突させることにより行う。衝突によってターゲットから粒子(通常は原子)が叩き出され、この粒子を対象物まで飛行させて被着させることで成膜を行う。一方、化学蒸着は、化学的気相成長とも呼ばれる。化学蒸着は、反応性ガスの分解等の反応を利用して対象物の表面に所望の材料を析出させ、薄

膜に成長させていく手法である。

【0003】スパッタ装置や化学蒸着装置は、LSI(大規模集積回路)等の電子デバイスの製造工程において頻繁に使用されている。例えば、スパッタ装置はアルミニウムを始めとする各種配線材料の成膜に盛んに使用されているし、化学蒸着装置は各種絶縁膜の作成等に多く使用されている。スパッタ装置と化学蒸着装置は、ともに薄膜作成を行う装置であるとはいっても、物理的過程と化学的過程という全く異なるメカニズムによっているため、全く異種の装置であると考えられてきた。例えば、スパッタ装置にはアルゴンガス等の化学的に不活性なガスが使用されるし、効率を高めるための磁場の採用等、物理的な工夫が施される。一方、化学蒸着装置では、化学反応速度を決める温度やガスの流量等の化学的条件に特に大きな考慮が払われる。

【0004】しかしながら、発明者の検討によると、LSI等の電子デバイスの製造工程では、スパッタと化学蒸着を複合させて一つの装置とすることが非常に効果的な場合があることが分かってきた。この点を以下に説明する。

【0005】FET(電界効果トランジスタ)等の構造を有するLSIの製造工程では、電極部への配線構造として、下地半導体層と配線層との相互拡散を防止する拡散防止層を設けた構造が採用されている。この拡散防止層は、電気抵抗の小さいチタン薄膜とバリア性の高い窒化チタン薄膜とを積層した構造となっている場合が多い。このような拡散防止層は、これまでスパッタによって形成してきた。例えばチタン薄膜と窒化チタン薄膜とを積層させる場合、チタンよりもターゲットをアルゴンガスによってスパッタして始めてチタン薄膜を作成する。その後、ガスを窒素に代えてスパッタし、窒素とチタンとの反応を補助的に利用しながら窒化チタン薄膜を作成する。

【0006】このような拡散防止層は、微細のホールの内面(底面及び側面)に十分な厚さで形成することが重要な課題となっている。即ち、FETのチャンネルに対する導通を確保するため絶縁層に設けたコンタクトホールや、多層配線構造における層間スルーホール等の内面に拡散防止層を十分な厚さで形成することが必要とされている。このような微細なホールの内面への薄膜作成技術の評価の指標の一つとして、ボトムカバレッジ率が多く用いられている。ボトムカバレッジ率は、ホールの周囲の面(ホール以外の面)への成膜速度に対するホールの底面への成膜速度の比である。上述した拡散防止層の形成の際の成膜において、ボトムカバレッジ率が不足すると、ホールの底面における拡散防止効果が不十分になり、相互拡散によるデバイスの特性劣化の問題が生ずる。従って、ボトムカバレッジ率の高い成膜が要請されている。

【0007】その一方で、LSIの高集積度化や高機能

化に対応して、ホールのアスペクト比（ホールの幅又は直径に対するホールの深さの比）が年々高くなってきている。例えば、256メガビットクラスのDRAM（記憶保持動作が必要な隨時書き込み読み出し型メモリ）では、ホールの直径が0.25μmでアスペクト比は4程度、1ギガビットクラスのDRAMではホールの直径が0.18μmでアスペクト比は6～7程度になるといわれている。

【0008】このように高アスペクト化するホールに対しては、必要とされるボトムカバレッジ率で成膜して拡散防止層を形成することが困難になってきている。拡散防止層を構成する薄膜は上述した通りスパッタで作成されるが、スパッタの場合、ボトムカバレッジ率の高い成膜を行うためには、ターゲットから放出される粒子（以下、スパッタ粒子）がホールの底面に多く到達する必要がある。しかしながら、アスペクト比が高くなると、ホールの底面に到達するスパッタ粒子の量が少なくなる。即ち、基板にほぼ垂直に入射する限られた粒子のみが底面に到達できる。従って、ホールの底面での成膜速度が低下し、ボトムカバレッジ率が低くなってしまう。

【0009】このような問題を解決するため、改良されたスパッタの手法として、コリメートスパッタや低圧遠隔スパッタの手法が開発されてきた。コリメートスパッタは、基板に対してほぼ垂直に飛行するスパッタ粒子のみを選択的に通過させる部材（コリメータと呼ばれる）を使用する手法である。コリメートスパッタでは、通常のスパッタに比べるとボトムカバレッジ率は向上するものの、コリメータの部分に付着するスパッタ粒子が損失になるため、効率が悪いという問題がある。

【0010】また、低圧遠隔スパッタは、基板とターゲットとの距離を通常のスパッタの3倍から5倍とし、1mTorr程度以下の低圧でスパッタする手法である。基板とターゲットとの距離が拡大しているため、基板に対してほぼ垂直に飛行するスパッタ粒子が多く基板に入射する。また、低圧であるため、このような垂直に飛行するスパッタ粒子が散乱されにくい。このため、高ボトムカバレッジ率の成膜が行える。しかしながら、低圧遠隔スパッタでは、低圧で動作するためにスパッタ放電の強度をあまり高くできず、また、ターゲットと基板とが離れているためにターゲットから放出されるスパッタ粒子のうち基板に到達せずに無駄になってしまうものが多い。このため、全体としての成膜の効率が悪い。

【0011】また、低圧遠隔スパッタでは、基板の周辺部におけるホールへの成膜特にホールの側壁への成膜に不均一性が生じてしまう問題がある。即ち、基板の中央部のホールの内面に対しては、薄膜がほぼ均等に堆積する。しかしながら、基板の周辺部のホールの対面に対しては、外側よりの側壁には比較的厚く薄膜が堆積するものの、内側よりの側壁には薄膜は薄くしか堆積しない。これは、次のような理由による。基板の中央部ではスパ

ッタ粒子は基板に垂直な方向を中心として少し左右にずれて均等に入射てくる。しかしながら、基板の周辺部では、外側に向けて斜めに入射てくるスパッタ粒子が多くなり、結果的に、ホールの内側よりの側壁に対する膜厚が不足してしまう。このように膜厚が不足すると、相互拡散防止の効果が十分得られなくなり、デバイス特性を阻害する要因となる。このような問題から、低圧遠隔スパッタは、開口直径（又は幅）が0.25μm（アスペクト比では4程度）までのデバイスの製作が限度であると言われている。

【0012】一方、デバイスの高集積度化に対応してさらに改良されたスパッタの手法として、イオン化スパッタの手法が開発されている。イオン化スパッタは、ターゲットから放出されるスパッタ粒子をイオン化させるとともに、基板に垂直な電界を設定し、イオン化したスパッタ粒子をこの電界によって加速して基板に垂直に入射させる手法である。このイオン化スパッタでは、低圧遠隔スパッタで見られたような成膜効率の低下や、基板の周辺部におけるホールの側壁への成膜の不均一性はない。しかしながら、反応性スパッタを行う場合には、イオン化スパッタの効果が十分に得られない問題がある。例えば、窒素を導入しながらチタン製のターゲットをスパッタして窒化チタン膜を作成する場合、窒素はターゲット表面でチタンと反応して窒化チタンがスパッタ粒子として放出される。もしくは、チタンよりなるスパッタ粒子が窒素と反応して窒化チタンとなる。しかしながら、このような窒化チタンは、イオン化効率が悪く、チタン単体の成膜の場合のようにはホールの内面の被覆性の向上の効果が得られない。

【0013】
【発明が解決しようとする課題】ここで、全く異種の成膜技術である化学蒸着の場合に目を転じてみると、化学蒸着の手法によって窒化チタン薄膜を作成することが可能である。例えば、TiCl₄といったTi原子を含んだ反応性ガスの水素還元反応を利用して基板の表面に窒化チタン薄膜を作成することが可能である。反応に利用されるエネルギーは、熱やプラズマの形で与えられる。前者の方式は熱CVDと呼ばれ、後者の方式はプラズマCVDと呼ばれる。また、使用するガスは、TiCl₄、H₂、N₂、NH₃等の混合ガスである。このような化学蒸着法による成膜の場合、基本的にガスの気相反応を利用する手法であり、ホール内にガスは自由に拡散して到達できるため、高アスペクト比のホールに対しても十分なボトムカバレッジ率で成膜を行うことが可能である。

【0014】このように検討してみると、1ギガビット（代表的なホール直径は約0.18μm）以降の微細なデバイスにおける拡散防止層の形成技術では、チタン薄膜はイオン化スパッタで作成し、窒化チタン薄膜は化学蒸着で作成するのが非常に効果的であると予想される。

言い換れば、次世代の装置では、スパッタと化学蒸着という異種の成膜技術を複合させていくことが重要になってくると予想される。しかしながら、発明者の検討によると、スパッタと化学蒸着という異種の成膜技術を複合させると、両プロセスの異質性からくるプロセスの相互汚染の問題が生じ、この問題を解決しなければ、実用的なスパッタ化学蒸着複合装置を開発することは不可能である。この点を、以下具体的に説明する。

【0015】スパッタと化学蒸着を複合させて拡散防止層の形成が可能なスパッタ化学蒸着複合装置を設計する場合、スパッタを行う処理室（以下、スパッタチャンバー）と化学蒸着を行う処理室（以下、CVDチャンバー）とを気密に接続し、両プロセスを真空中で連続して行えるようにする。両プロセスの間で基板が一旦大気側に取り出される構成では、窒化チタンを積層する前にチタン薄膜の表面が大気で汚染されてしまい、両プロセスを複合する意味が無くなってしまう。

【0016】しかしながら、その一方で、スパッタチャンバーとCVDチャンバーと気密に接続させた場合、一方のチャンバーから他方のチャンバーにガスが拡散してプロセスを汚染させる可能性が高くなる。例えば、CVDチャンバーには化学蒸着後の塩素ガス等の残留生成物が浮遊している。この塩素ガスがスパッタチャンバーに拡散して基板に付着すると、作成したチタン薄膜と反応し、チタン薄膜の表面に変質層が形成されてしまう。このような変質層が形成されると、デバイスの電気特性が著しく阻害され、製品不良の原因となってしまう。尚、スパッタチャンバーとCVDチャンバーとはゲートバルブで隔離されるが、このゲートバルブは基板の搬入搬出の際に開閉される。

【0017】このような相互汚染の問題を抑制するには、スパッタチャンバーとCVDチャンバーとの間に搬送チャンバーを介在させるのが有効な手段であると考えられる。図6及び図7は、本願発明を想到する過程で成された発明の構成を説明する平面概略図であり、相互汚染を抑制させたスパッタ化学蒸着複合装置の構成を示す図である。

【0018】まず、図6に示すスパッタ化学蒸着複合装置は、スパッタチャンバー2とCVDチャンバー3との間に搬送チャンバー1を介在させている。即ち、中央に搬送チャンバー1が設けられ、その周囲に複数の処理チャンバー2、3、7が設けられている。搬送チャンバー1内には搬送機構11が設けられている。処理チャンバーの一つはスパッタチャンバー2であり、別の一つはCVDチャンバー3である。そして、各チャンバー1、2、3、7の境界部分には不図示のゲートバルブが設けられている。このような構成によると、処理チャンバー2、3、7内のガスは搬送チャンバー1を経由しない他の処理チャンバー2、3、7には拡散できないため、相互汚染の問題はある程度抑制できる。しかしながら、

搬送チャンバー1内にある程度滞留した後に別の処理チャンバー2、3、7に拡散する場合もあるため、上記相互汚染の問題を十分に抑制することは難しいと考えられる。

【0019】また、図7に示す例では、二つの搬送チャンバー1A、1Bを設けている。即ち、スパッタチャンバー2用の第一の搬送チャンバー1Aと、CVDチャンバー3用の第二の搬送チャンバー1Bとを設けている。この図7に示す例では、例えばCVDチャンバー3内のガスは第一第二の二つの搬送チャンバー1A、1Bを経由しないとスパッタチャンバー2に到達できない。従って、相互汚染の問題はかなり抑制されると予想される。しかしながら、この図7に示す例では、二つの搬送チャンバー1A、1Bを用いるため、装置の占有面積が非常に大きくなってしまう問題がある。また、搬送に要する時間が長くなるため、生産性の低下が問題となる。さらに、二つの搬送チャンバー1A、1B及び搬送機構11が必要になるため、非常にコスト高となる欠点もある。また、CVDチャンバー3同士の相互汚染の問題は基本的に解決されない。

【0020】本願の発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、プロセスの相互汚染が効果的に防止され、かつ、占有面積の大幅な増加が無く、また生産性の低下等の問題も生じないスパッタ化学蒸着複合装置を提供することを目的としている。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、スパッタを行うスパッタチャンバーと、化学蒸着を行うCVDチャンバーとを備え、搬送機構を備えた搬送チャンバーを介してスパッタチャンバーとCVDチャンバーとが気密に接続された構造のスパッタ化学蒸着複合装置であって、搬送チャンバーとCVDチャンバーとの間又は搬送チャンバーとスパッタチャンバーとの間には、バッファチャンバーが設けられており、スパッタチャンバーとCVDチャンバーとは搬送チャンバー及びバッファチャンバーを介して搬送チャンバーに気密に接続されているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、上記請求項1の構成において、前記スパッタチ

ャンバー及び前記CVDチャンバーは、前記搬送チャンバーの周囲に気密に接続された処理チャンバーの一つであるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、上記請求項1又は2の構成において、前記バッファチャンバーと前記CVDチャンバー又は前記スパッタチャンバーとの間で基板の搬送を行う補助搬送機構が設けられているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、上記請求項1、2又は3の構成において、前記バッファチャンバーは、前記搬送チャンバーと前記CVDチャンバーとの間に設けられているとともに、内部にバ

ージガスを導入するバージガス導入系を有しており、バッファチャンバーとCVDチャンバーとの間に設けられたゲートバルブは、バッファチャンバー内の圧力がCVDチャンバー内の圧力より高い場合にのみ開かれるものであるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項5記載の発明は、上記請求項1、2、3又は4の構成において、前記バッファチャンバー内で基板を所定温度に加熱する加热手段又は基板を所定温度に冷却する冷却手段を有しているという構成を有する。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態について説明する。図1は、実施形態に係るスパッタ化学蒸着複合装置の概略構成を示す平面図である。図1に示す装置は、図6や図7に示す装置と同様、マルチチャンバータイプの装置であり、中央に配置された搬送チャンバー1と、搬送チャンバー1の周囲に設けられた複数の処理チャンバー2、3、4、5、6及び二つのロードロックチャンバー8とからなるチャンバー配置になっている。各チャンバー1、2、3、4、5、6、7、8は、専用の排気系によって排気される真空容器である。また、搬送チャンバー1に対する各チャンバー2、3、4、5、6、7、8の接続個所にはゲートバルブ10がそれぞれ設けられている。

【0023】搬送チャンバー1内には、搬送機構11が設けられている。搬送機構11は、一方のロードロックチャンバー8から基板9を一枚ずつ取り出し、各処理チャンバー2、3、4、5、6に送って順次処理を行うようになっている。そして、最後の処理を終了した後、他方のロードロックチャンバー8に戻すようになっている。搬送機構11としては、先端に基板9を載置して保持するアームを備えた多関節ロボットが好適に使用される。二つのアームを備えて同時に二枚の基板9を独立して移動させることができるように構成されると、搬送の効率が向上するため好適である。また、搬送チャンバー1内は、不図示の排気系によって排気され、常時 10^{-6} ~ 10^{-8} Torr程度の真空圧力が維持される。従って、搬送機構11としては、この真空圧力下で動作可能なものが採用される。

【0024】さて、本実施形態のスパッタ化学蒸着複合装置は、その名に示す通り、スパッタと化学蒸着を複合させている。即ち、処理チャンバーのうちの一つはスパッタチャンバー2であり、別の一つはCVDチャンバー3である。まず、図2を使用してスパッタチャンバー2の構成について説明する。図2は、図1に示すスパッタチャンバー2の構成を示す正面概略図である。

【0025】図2に示すように、スパッタチャンバー2は、内部を排氣する排気系22と、スパッタチャンバー2内に被スパッタ面を露出されるようにして設けられたターゲット23と、ターゲット23に所定の電力を与えるスパッタ電源231と、ターゲット23の背後に設け

られた磁石機構24と、スパッタチャンバー2内に所定のスパッタ用ガスを導入するガス導入手段25と、ターゲット23に対向したスパッタチャンバー2内の所定の位置に基板9を配置するための基板ホルダー26とから主に構成されている。

【0026】排気系22は、クライオポンプ等の真空ポンプ221を使用してスパッタチャンバー2内を 10^{-8} Torr程度まで排気可能に構成される。排気系22は、バリアルオリフィス等の排気速度調整器222を

10 有する。ターゲット23は、絶縁材232を介してスパッタチャンバー2に取り付けられている。ターゲット23は、この実施形態ではチタン製である。スパッタ電源231は、負の高電圧又は高周波電圧をターゲット23に印加するように構成される。

【0027】磁石機構24は、中心に配置された柱状の中心磁石241と、中心磁石241を取り囲むリング状の周辺磁石242と、中心磁石241と周辺磁石242とを繋ぐヨーク243とから構成されている。中心磁石241の前面と周辺磁石242の前面とは互いに異なる磁極になっており、図2に示すようなアーチ状の磁力線244がターゲット23を貫いて設定されるようになっている。スパッタ電源231がターゲット23を介してスパッタチャンバー2内に設定する電界は、アーチ状の磁力線244の頂点付近で磁界と直交する。このため、形成されるスパッタ放電において、電子はマグネトロン運動を行うようになり、マグネトロン放電が達成される。このため、中性ガス分子のイオン化の効率が高くなり、高効率でスパッタリングが行える。

30 【0028】ガス導入手段25は、本実施形態では、アルゴンガスをスパッタ用ガスとして導入するようになっている。ガス導入手段25は、アルゴンガスを溜めたボンベ250とスパッタチャンバー2とを繋ぐ配管251と、配管251上に設けたバルブ252や流量調整器253等から構成されている。

【0029】基板ホルダー26は、上面に基板9を載置して保持するよう構成されている。基板ホルダー26には、静電吸着によって基板9を所定位置に固定する静電吸着機構が必要に応じて設けられる。また、基板9を所定温度に加熱するヒータ261が基板ホルダー26内に設けられている。

40 【0030】本実施形態では、スパッタチャンバー2内では、イオン化スパッタによって成膜を行うようになっている。即ち、スパッタチャンバー2は、ターゲット23から放出されるスパッタ粒子をイオン化するイオン化手段27を有する。イオン化手段27は、高周波エネルギーによってスパッタ粒子をイオン化させるようになっており、スパッタチャンバー2内に設けられたイオン化電極271と、イオン化電極271に高周波エネルギーを供給する高周波電源272とから構成されている。

50 【0031】イオン化電極271は、ターゲット23か

ら基板9へのスパッタ粒子の飛行空間を取り囲むように設けられている。イオン化電極271には、例えば、金属メッシュを円筒状に形成したものやコイル状のものが使用される。高周波電源272としては、例えば周波数13.56MHz出力1kW程度のものが使用される。イオン化電極271によってスパッタチャンバー2内に設定される高周波電界は、上記スパッタ放電によるアラズマPとは別に高周波放電によるアラズマP'を形成する。ターゲット23から放出される中性スパッタ粒子は、このアラズマP'中の通過する際に、アラズマP'中のイオンや電子と衝突してイオン化する（以下、イオン化スパッタ粒子）ようになっている。

【0032】一方、基板ホルダー24には、電界設定手段28が設けられている。電界設定手段28は、スパッタチャンバー2内に基板9に垂直な電界を設定し、上記イオン化スパッタ粒子を基板9に垂直に入射させるよう構成されている。電界設定手段28としては、本実施形態では、基板ホルダー26に高周波電圧を印加して高周波とアラズマP'との相互作用により基板9に負の自己バイアス電圧を与える基板用高周波電源281が採用されている。基板用高周波電源281としては、例えば13.56MHz出力300W程度のものが使用できる。【0033】また、基板用高周波電源281と基板ホルダー26との間には、整合器282が設けられている。さらに、基板9及び基板ホルダー26がいずれも導体である場合、高周波の伝送経路に所定のコンデンサが設けられ、コンデンサを介して基板9に高周波電圧を印加するよう構成される。コンデンサ等のキャパシタンスを介して基板9に高周波電圧を印加すると、キャパシタンスの充放電にアラズマP'中の電子と正イオンが作用し、電子と正イオンの移動度の違いによって基板9に負の自己バイアス電位が生じる。アラズマP'の空間電位はほぼ接地電位もしくは20ボルト程度の正の電位であり、負の自己バイアス電位が生じた基板9とアラズマP'との間に、基板9に向かって徐々に電位が下がる電界が設定される。この電界の向きは基板9に対して垂直であり、正にイオン化されたスパッタ粒子はこの電界によって加速されて基板9に垂直に入射するようになっている。

【0034】次に、このスパッタチャンバー2内における装置の動作について、図2を使用して説明する。まず、基板9は搬送機構11によって搬送チャンバー1からゲートバルブ10を通してスパッタチャンバー2内に搬入される。スパッタチャンバー2内は、排気系22によって所定圧力まで予め排気されており、基板9は基板ホルダー26に載置される。基板ホルダー26内のヒータ261が予め動作しており、基板ホルダー26に載置された基板9は、ヒータ261の熱によって所定温度まで急速に加熱され、その温度が維持される。

【0035】そして、ゲートバルブ10を閉じた後、ガ

ス導入手段25が動作し、スパッタ用ガスとしてのアルゴンガスがスパッタチャンバー2内に導入される。ガス導入手段25の流量調整器253によってアルゴンガスの流量を調整するとともに排気系22の排気速度調整器221によって排気速度を調整し、スパッタチャンバー2内の圧力を所定の圧力に保つ。

【0036】この状態で、スパッタ電源231を動作させ、アルゴンガスにスパッタ放電を生じさせてターゲット23をスパッタさせる。同時にイオン化手段27の高周波電源272及び電界設定手段27の高周波電源271を動作させる。イオン化手段27によって形成されたアラズマP'中を通過する際に生成されたイオン化スパッタ粒子は、電界設定手段28が設定した電界によって加速されて基板9により垂直に近い角度で入射する。この結果、基板9の表面に形成された微細なホールの底面や側面に到達し易くなり、底面や側面に十分な被覆性で薄膜が作成される。

【0037】このような成膜を所定時間行った後、電界設定手段28、イオン化手段27、スパッタ電源231及びガス導入手段25の動作をそれぞれ停止させ、排気系22によってスパッタチャンバー2内を再び所定圧力まで排気する。その後、ゲートバルブ10を開けて基板9をスパッタチャンバー2から取り出す。これによって、スパッタチャンバー2内の一連の動作が終了する。

【0038】次に、図1に示すCVDチャンバー3の構成について説明する。図3は、図1に示すCVDチャンバー3及びバッファチャンバー4の概略構成を示す正面図である。図3に示すCVDチャンバー3は、内部を排気する排気系32と、内部に所定のCVD用ガスを導入するガス導入手段33と、所定位置に基板9を配置するための基板ホルダー34とを備えている。

【0039】後述するように、CVDチャンバー3内には活性の高い塩素系のガスが導入されるため、排気系32は、排気速度の高い高性能の真空ポンプ321を使用する必要がある。具体的には、排気系32は、真空ポンプ321として、排気速度1000リットル/秒程度のターボ分子ポンプを使用し、CVDチャンバー3内を 10^{-7} Torr~ 10^{-8} Torr程度の到達圧力まで排気できるように構成される。尚、排気系32は、パリアブルオリフィス等の排気速度調整器322を有する。

【0040】ガス導入手段33は、CVD用ガスとして、四塩化チタン、水素、窒素又はアンモニア及びシリコンの混合ガスを導入できるよう構成されている。各々のガス導入系には、バルブ331や流量調整器332が設けられている。水素やシリコンは四塩化チタンの還元反応のために主に導入される。尚、窒素ガスは、後述するアラズマ形成手段36による高周波放電の放電開始を容易にする働きもある。また、窒素又はアンモニアガスは、チタンを窒化させるための窒素供給ガスとして導入される。

【0041】基板ホルダー34は、上面に基板9を載置して保持するよう構成されている。基板ホルダー34には、静電吸着によって基板9を所定位置に固定する静電吸着機構が必要に応じて設けられる。

【0042】また、基板ホルダー34には、ホルダー昇降機構341が設けられている。ホルダー昇降機構341は、基板ホルダー34を支えるホルダー支柱340に固定されたアーム342を上下動させて基板ホルダー34を昇降させるようになっている。尚、ホルダー昇降機構341は、エアシリングのような流体駆動を用いるもの、又は、ボールネジとサーボモータの組み合わせ等が採用できる。尚、ホルダー支柱340は、CVDチャンバー3の底板を気密に貫通している。そして、この貫通部分には、磁性流体を用いたメカニカルシールが設けられている。この結果、ホルダー支柱340の上下動を許容しつつ貫通部分からのリークが防止されている。

【0043】また、基板9を所定温度に加熱するヒータ35が基板ホルダー34内に設けられている。ヒータ35は、通電によりジュール熱を発生させる方式のものが例えば使用され、基板9を400～700°C程度に加熱維持できるよう構成される。基板9の温度は、不図示の熱電対等の温度センサで検出され、不図示の制御部によって負帰還制御される。

【0044】また、本実施形態におけるCVDチャンバー3は、プラズマCVDを行うようになっている。即ち、CVDチャンバー3は「プラズマP」を形成するプラズマ形成手段36を備えており、「プラズマP」の作用により成膜を行うよう構成されている。プラズマ形成手段36は、CVDチャンバー3内に設けられた高周波電極361と、高周波電極361に高周波電力を供給する高周波電源362から構成されている。ガス導入手段33によってCVDチャンバー3内に導入されたCVD用ガスは、高周波電極361によって設定された高周波電界からエネルギーを受け取り、「プラズマP」が形成されるようになっている。

【0045】尚、高周波電極361は、ガス吹き出し用の穴を均等に設けた板状に形成されたり、メッシュ状に形成されたりする。高周波電極361を通してCVD用ガスが下方に拡散し、「プラズマP」が形成されるようになっている。尚、高周波電極361として下面にガス吹き出し穴を有する中空の円盤状のものを使用し、この高周波電極361の内部空間に一旦溜めてからCVD用ガスを導入するよう構成される場合がある。

【0046】ガス導入手段33によって導入された四塩化チタンは、「プラズマP」の作用によって分解し、混合されている窒素と反応して基板9の表面に塗化チタンを析出させ、塗化チタン薄膜が堆積するようになっている。尚、CVDチャンバー3内の圧力は、CVD用真空計37によってモニタされるようになっている。

【0047】さて、本実施形態の装置の大きな特徴点

は、図1及び図3に示すように、搬送チャンバー1とCVDチャンバーとの間にバッファチャンバー4が介在されている点である。バッファチャンバー4は気密な真空容器であり、ゲートバルブ10を介して搬送チャンバー1及びCVDチャンバー3に気密に接続されている。バッファチャンバー4には、専用の排気系41が設けられており、バッファチャンバー内を 10^{-8} Torr程度まで排気することができるようになっている。

【0048】バッファチャンバー4内には、基板9が一時的に滞留する滞留ステージ42が設けられている。滞留ステージ42は円筒又は円柱状の部材であり、上面に基板が載置される。滞留ステージ42内には、加熱手段43及び冷却手段44が設けられている。加熱手段43は、通電によりジュール熱を発生させるものであり、カートリッジヒーター等が使用できる。また、冷却手段44は、滞留ステージ42内に設けた冷媒流通路420に沿って冷媒を循環させるものである。冷却手段44は、冷媒流通路420に冷媒を導入する導入管441と、冷媒流通路420から冷媒を排出する排出管442と、導入管及び排出管とをつなぐサーチュレータ443等から構成される。サーチュレータ443では、冷媒を所定の低温に維持して導入管441に送出する。

【0049】CVDチャンバー3に搬入される前に滞留ステージ42に載置された基板9を加熱手段43によって所定温度に加熱すると、CVDチャンバー3における加熱の予備加熱を行え、CVDチャンバー3内での加熱時間を短くできる効果がある。また、基板9を所定温度に加熱しておくと、バッファチャンバー4内に拡散したCVDチャンバー3内の残留ガスが基板9に付着しても容易に脱離する効果、即ち脱ガスの効果がある。

【0050】また、CVDチャンバー3から搬出された基板9を冷却手段44によって所定温度に冷却すると、基板9の滞留とともに冷却も行える。別の処理チャンバー6で冷却が行われる場合でも、バッファチャンバー4で冷却を行うことで冷却の効率が向上し、装置全体の生産性の向上につながる。尚、加熱手段43と冷却手段44とは同時に動作できないのは、言うまでもない。また、本実施形態では、加熱手段43と冷却手段44の両方を備えているが、いずれか一方のみを備える場合でもよい。

【0051】また、滞留ステージ42には、滞留ステージ42を昇降させる昇降機構45が設けられている。滞留ステージ42の下端にはステージ支柱421が設けられて下方に延びており、昇降機構45は、このステージ支柱421を上下動させて滞留ステージ42を昇降させるようになっている。尚、ステージ支柱421は、バッファチャンバー4の底板部分を気密に貫通している。そして、この貫通部分には、磁性流体を用いたメカニカルシールが設けられている。このため、ステージ支柱421の上下動を許容しつつ、貫通部分からのリークが防止

されている。

【0052】また、バッファチャンバー4には、内部にバージガスを導入するバージガスガス導入系46が設けられている。バージガス導入系46は、バージガスとして窒素等の不活性ガスをバッファチャンバー4内に導入するようになっている。バッファチャンバー4内の圧力は、バッファ用真空計47でモニタされるようになっている。一方、このバッファ用真空計47の測定データは、CVD用真空計の測定データとともに、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10の開閉制御を行う制御部101に送られるようになっている。制御部101は、両測定データを比較して、バッファチャンバー4内の圧力がCVDチャンバー3内の圧力より高い場合に限り、バルブ駆動機構102を作動させてゲートバルブ10を開けるよう構成されている。

【0053】次に、図3を使用して、CVDチャンバー3内の装置の動作について説明する。まず、基板9は後述するように搬送チャンバー1からバッファチャンバー4を経由してCVDチャンバー3内に搬入される。CVDチャンバー3内は、排気系32によって所定圧力まで予め排気されており、基板9は基板ホルダー34に載置される。基板ホルダー34内のヒータ35が予め動作しており、基板ホルダー34に載置された基板9は、ヒータ35の熱によって所定温度まで急速に加熱され、その温度が維持される。

【0054】そして、ゲートバルブ10を閉じた後、ガス導入手段33が動作し、所定のCVD用ガスがCVDチャンバー3内に導入される。ガス導入手段33の各流量調整器332によってCVD用ガスの流量及び混合比を調整するとともに排気系32の排気速度調整器321によって排気速度を調整し、CVDチャンバー3内を所定の圧力に保つ。

【0055】この状態で、プラズマ形成手段36を動作させる。即ち、高周波電源362から高周波電極361に高周波電力を供給し、CVDチャンバー3内に高周波電界を設定する。導入されたCVD用ガスにはこの高周波電界によって高周波放電が生じ、プラズマP⁺が形成される。導入された四塩化チタンはこのプラズマP⁺の作用によって分解するとともに窒素と反応し、基板9の表面に塗化チタンを析出させる。所定時間経過すると、この塗化チタンは薄膜に成長し、所定の厚さの塗化チタン薄膜が作成される。

【0056】その後、プラズマ形成手段36及びガス導入手段33の動作を停止し、CVDチャンバー3内を再度高真空排氣する。そして、ゲートバルブ10が開け、基板9はCVDチャンバー3から取り出される。これで、CVDチャンバー3内での一連の動作が終了する。

【0057】また、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間で基板9の搬送を行う補助搬送機構が設

けられている。補助搬送機構の構成について、図4及び図5を使用して説明する。図4は、図1及び図3に示すバッファチャンバー4及びCVDチャンバー3の斜視概略図、図5は、補助搬送機構の構成を説明する正面概略図である。尚、図4では、バッファチャンバー4及びCVDチャンバー3は、途中の高さより上側の部分など、一部図示が省略されている。図4及び図5に示すように、補助搬送機構は、上面に基板9を載せて搬送する移動体481と、移動体を水平方向に移動させる磁気カップリング482等から構成されている。

【0058】移動体481は、図4に示すように、水平な姿勢の上板部483と、上板部の両側から下方に延びるようにして設けた両側板部484とからなる。移動体481は、上板部483の中央に開口を有する。この開口は、基板9の直径よりも小さく、滞留ステージ42よりも大きい。また、図5に示すように、移動体481は側板部484の端部に小さな磁石（以下、移動体側磁石）485を多数有している。各移動体側磁石485は、上下の面に磁極を有している。そしてこの磁極は、図5に示すように、配列方向に交互に逆の磁極になっている。

【0059】一方、磁気カップリング482は、丸棒状の部材である。磁気カップリング482は、図5に示すように、螺旋状に延びる細長い磁石（以下、カップリング側磁石）486を有している。このカップリング側磁石486は互いに異なる磁極で二つ設けられており、二重螺旋状になっている。磁気カップリング482は、カップリング側磁石486が隔壁487を挟んで移動体側磁石485に向かい合うよう配置されている。隔壁487は、透磁率の高い材料で形成されており、移動体側磁石485とカップリング側磁石486とは、隔壁487を通して磁気結合している。尚、隔壁487の移動体481側の空間は真空側（バッファチャンバー4の内部側）であり、磁気カップリング482側の空間は大気側である。

【0060】そして、磁気カップリング482には、不図示の回転機構が設けられている。この回転機構は、磁気カップリング482を中心軸の回りに回転させるようになっている。磁気カップリング482が回転すると、二重螺旋状のカップリング側磁石486も回転する。この際、カップリング側磁石486が回転する状態は、移動体側磁石485から見ると、交互に異なる磁極の複数の小さな磁石が一列に並んでその並びの方向に沿って一体に直線移動しているのと等価な状態となる。従って、カップリング側磁石486に結合している移動体側磁石485は、カップリング側磁石486の回転とともに直線移動し、この結果、移動体481が全体に直線移動することになる。

【0061】尚、磁気カップリング482や隔壁487は、バッファチャンバー4とともにCVDチャンバー3

にも設けられている。従って、移動体481は、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間で水平方向に移動する（前後運動する）よう構成されている。

【0062】次に、図3及び図4を使用して、バッファチャンバー4を経由した基板9の搬送動作について説明する。まず、搬送チャンバー1内の搬送機構11によって基板9がバッファチャンバー4内に搬入される。この際、滞留ステージ42は、所定の上昇位置に位置し、基板9を受け取る。その後、搬送チャンバー1とバッファチャンバー4との間のゲートバルブ10が閉じられる。

【0063】基板9をバッファチャンバー4からCVDチャンバー3に送る場合には、滞留ステージ42を所定の退避位置まで下降させる。この退避位置は、滞留ステージ42の上面が移動体481の上板部483より下に位置するよう設定されている。このため、滞留ステージ42が退避位置まで下降すると、基板9は移動体481の上に載せられる。

【0064】そして、前述したように、バッファチャンバー4の圧力がCVDチャンバー3よりも高いことを確認した後、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10を開ける。そして、磁気カッピング482を回転させて移動体481をCVDチャンバー3内に移動させる。移動体481は、基板9の中心が基板ホルダー34の中心軸と一致した位置で停止する。尚、基板ホルダー34は、CVDチャンバー3内の下方の待機位置に位置している。そして、基板ホルダー34が上昇し、移動体481の開口を通過して移動体481の上面板483よりも高い所定の高さの位置まで達する。この動作の際、基板9は移動体481から離れて基板ホルダー34の上に載ることになる。

【0065】その後、磁気カッピング482が逆方向に回転し、移動体481が後退する。この際、基板ホルダー34のホルダー支柱341と移動体481とが干渉しないよう、移動体481の上板部483は、開口から前端に延びるようにして切り欠き485が設けられている。移動体481が後退する際、切り欠き485内をホルダー支柱341が通る状態となる。移動体481は、上記のように後退し、CVDチャンバー3から出てバッファチャンバー4内の当初の位置に戻る。その後、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10が閉じられる。そして、前述したように、CVDチャンバー3内で成膜処理が行われる。

【0066】CVDチャンバー3からの基板9の回収は、上記動作と全く逆の動作で行われる。即ち、基板ホルダー34が所定の上昇位置にある状態でゲートバルブ10を開けて移動体481をCVDチャンバー3内に移動させる。そして、基板ホルダー34を下降させて基板9を移動体481上に載せる。その後、移動体481をバッファチャンバー4まで後退させ、ゲートバルブ10を閉める。バッファチャンバー4内では、滞留ステージ

42が上昇して移動体481から基板9を受け取る。その後、搬送チャンバー1側のゲートバルブ10が開いて、搬送チャンバー1内の搬送機構11が滞留ステージ42から基板9を取り上げる。基板9は、搬送チャンバー1を経由して次のチャンバーまで搬送される。

【0067】次に、図1に戻り、他の処理チャンバーの構成について説明する。他の処理チャンバーのうちの一つは、成膜前に基板9をスパッタエッチングしてクリーニングするエッチングチャンバー5として構成される。

10 装置に搬入される基板9の表面には、自然酸化膜や保護膜が形成されている場合がある。このような膜が形成されたままであると、作成する薄膜の電気特性が低下したり薄膜の付着性が悪くなったりする問題がある。そこで、成膜に先立ち、基板9の表面をスパッタエッチングして自然酸化膜や保護膜を除去している。

【0068】エッチングチャンバー5は、アルゴン等のスパッタエッチング用のガスを導入する手段と、導入されたガスに高周波エネルギーを供給するなどしてアラズマを形成する手段と、アラズマ中から正イオンを引き出

20 して基板9に入射させる電界を設定する手段とを備えている。アラズマ中の正イオンが基板の表面に入射すると、表面の自然酸化膜や保護膜がスパッタエッチングされて除去される。この結果、基板9の本来の材料の清浄な表面が露出する。

【0069】また、他の処理チャンバーのうちの別一つは、成膜前に基板9を予備加熱するプリヒートチャンバー6として構成される。プリヒートチャンバー6は、前述した基板ホルダー26と同様の不図示の基板ホルダーを備えている。基板ホルダー内には抵抗発熱方式等の

30 ヒーターが設けられており、基板ホルダーに載置された基板9を200～300℃程度まで加熱できるよう構成されている。加熱時間は、100～200秒程度である。尚、基板ホルダーに基板9を静電吸着させて熱伝導性を向上させたり、基板ホルダーと基板9との間に熱伝導性を向上させるガスを供給したりことがある。予備加熱の主な目的は、脱ガス即ち基板9の吸着ガスを加熱して放出させることにある。また、予め所定温度まで基板9を加熱しておくと、スパッタチャンバー2内での加熱に要する時間が短縮できるメリットもある。

40 【0070】以上で本実施形態の装置の構成についての説明を終了し、次に装置の全体の動作について説明する。動作の一例として、前述した拡散防止層を形成する処理を行う場合について説明する。図1において、不図示のオートローダによって所定数の基板9が一方のロードトックチャンバー8に搬入され、ロードロックチャンバー8内のカセット81に収容されている。搬送機構11は、この一方のロードロックチャンバー8から一枚の基板9を取り出し、まずエッチングチャンバー5に送る。エッチングチャンバー5では、前述の通り表面の自然酸化膜や保護膜が除去される。次に、搬送機構11は

この基板9をアリヒートチャンバー6に送る。基板9は、アリヒートチャンバー6内で予備加熱され、脱ガスが行われる。

【0071】その後、搬送機構11はこの基板9をスパッタチャンバー2に送る。スパッタチャンバー2内では、前述したようにチタン製のターゲット23をアルゴンガスでスパッタし、チタン薄膜を基板9の表面に堆積させる。この際、ターゲット23から放出されるスパッタ粒子がイオン化し、電界によってより垂直9に基板に入射するため、微細なホールの内面の被覆性が向上する。

【0072】その後、搬送機構11はこの基板9をCVDチャンバー3に送る。CVDチャンバー3では、前述したように、四塩化チタンと窒素を含むCVD用ガスのアラズマCVDによって基板9の表面に窒化チタン薄膜を堆積させる。これによって、チタン薄膜の上に窒化チタン薄膜を積層した拡散防止層の構造が得られる。

【0073】その後、搬送機構11はこの基板9をCVDチャンバー3から取り出し、他方のロードロックチャンバー8に送る。尚、他の処理チャンバー7のうち一つは必要に応じて冷却チャンバーとされる。冷却チャンバーは、水冷された基板ステージを有し、この基板ステージに基板9を所定時間載置することで基板9を冷却するよう構成される。このようにして冷却した後、基板9は、他方のロードロックチャンバー8に搬送され、カセット81に収容される。

【0074】このようにして、一枚の基板9について、エッチングチャンバー5、アリヒートチャンバー6、スパッタチャンバー2、CVDチャンバー3の順に搬送しながら処理を連続して行い、チタン薄膜と窒化チタン薄膜を真空中で連続して形成する。尚、一枚の基板9がアリヒートチャンバー6に送られて予備加熱される際には、次の基板9がエッチングチャンバー5に搬入されて処理されており、各基板9が各チャンバー5、6、2、3に次々に搬入されて枚葉処理される。従って、装置全体の生産性は極めて高い。

【0075】上述した構成及び動作である本実施形態の装置では、スパッタチャンバー2とCVDチャンバー3という全く異質な処理チャンバーを複合させている。このような場合、処理の内容が異なるために、処理チャンバー2、3の雰囲気も互いに異なり、従って、雰囲気ガスが相互に拡散してお互いの雰囲気を汚染する問題が生じてくる。特に、CVDチャンバー3では、塩素系ガス等の反応性の高いガスを使用するため、このようなガスがスパッタチャンバー2に拡散すると、スパッタチャンバー2での処理の質を著しく損なう原因となり易い。

【0076】しかしながら、本実施形態では、搬送チャンバー1とCVDチャンバー3との間にバッファチャンバー4が設けられている。このため、CVDチャンバー3内の残留ガスがスパッタチャンバー2に到達するため

には、バッファチャンバー4と搬送チャンバー1の二つのチャンバーを経由しなければならない。従って、CVDチャンバー3内の残留ガスがスパッタチャンバー2にまで拡散するのが大きく抑制される。スパッタチャンバー2内のガスがCVDチャンバー3に拡散するのも、また同様に抑制される。さらに、図1に示すように二つのCVDチャンバー3が設けられている場合で、互いに異なるガスを使用する場合には、CVDチャンバー3同士の相互汚染もまた防止される。

- 10 【0077】そして、本実施形態では、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間で基板の搬送を行う補助搬送機構が設けられている。このため、バッファチャンバー4とCVDチャンバーとの間で基板9の搬送を行う際には、バッファチャンバー4と搬送チャンバー1との間のゲートバルブ10は閉じられる。また、バッファチャンバー4と搬送チャンバー1との間で基板の搬送を行う場合には、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10は閉じられる。つまり、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10と、バッファチャンバー4と搬送チャンバー1との間のゲートバルブ10とが同時に開くことはない。

- 20 【0078】上記の点も、CVDチャンバー3内の残留ガスが搬送チャンバー1を経由してスパッタチャンバー2等に拡散するのを大きく抑制している。尚、補助搬送機構が無いと、搬送チャンバー1内の搬送機構11でバッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間の基板9の搬送を行わなければならず、二つのゲートバルブ10が同時に開いている状態が生じてしまう。

- 30 【0079】また、CVDチャンバー3に比べてバッファチャンバー4内の圧力が高い場合にのみバッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10が開けられるので、CVDチャンバー3内の残留ガスの拡散がさらに抑制されている。

- 【0080】尚、CVDチャンバー3やバッファチャンバー4等の内部に、残留ガスを吸着するゲッター材を設ける構成も残留ガスの拡散防止に効果的である。ゲッター材は、ジルコニウム又はチタン等の材料のブロックを所定の温度に加熱しておく構成が挙げられる。

- 40 【0081】

- 【実施例】次に、上記実施形態に属する実施例について説明する。以下の実施例は、上述した動作例と同様、拡散防止層の形成を例にしている。まず、スパッタチャンバー2におけるスパッタリングの条件としては、以下の条件が挙げられる。

- ・スパッタ用ガス：アルゴン
- ・ガスの流量：100cc/min
- ・圧力：60mTorr
- ・スパッタ電源の出力電圧：-500V
- ・基板の温度：300°C

・イオン化手段の高周波電源；13.56MHz 800W

・電界設定手段の高周波電源；13.56MHz 200W

上記条件によると、500オングストローム毎分程度の成膜速度でチタン薄膜が作成できる。尚、アスペクト比5のホールに対するボトムカバレッジ率は、40%程度である。

【0082】また、CVDチャンバー3におけるCVDの条件としては、以下の条件が挙げられる。

・CVD用ガス；TiCl₄とN₂とH₂とSiH₄の混合ガス

・ガスの流量比；TiCl₄ : N₂ : H₂ : SiH₄ = 5 : 20 : 500 : 1

・全ガス流量；526cc/分

・圧力；0.12Torr

・基板の温度；485°C

・プラズマ形成手段の高周波電源；60MHz 500W

上記条件によると、100オングストローム毎分程度の成膜速度で窒化チタン薄膜が作成できる。尚、アスペクト比5のホールに対するボトムカバレッジ率（ホールの周囲の面に対するホールの底面への成膜速度の比）は、70%程度である。

【0083】以上の説明では、スパッタ化学蒸着複合装置の使用例として拡散防止層の形成を探り上げたが、これ以外にも、銅配線等を行う場合にも本実施形態のスパッタ化学蒸着複合装置は有効である。

【0084】また、バッファチャンバー4は、搬送チャンバー1とCVDチャンバー3との間に設けられたが、搬送チャンバー1とスパッタチャンバー2との間に設けるようにしてもよい。この場合も、前述した補助搬送機構と同様の機構をバッファチャンバー4に設けることができる。さらに、エッチングチャンバー5やアリヒートチャンバー6と搬送チャンバー1との間にバッファチャンバー4を設けてもよい。尚、低圧遠隔スパッタは上述したような問題を有するが、スパッタチャンバーにおいて低圧遠隔スパッタが行われるように構成されることを、本願発明は排除するものではない。

【0085】また、請求項1の発明の実施形態としては、図1に示すようなチャンバー配置ではなく、スパッタチャンバー、搬送チャンバー及びCVDチャンバーを一例に縦設したインライン式の装置の構成が挙げられる。この場合も、スパッタチャンバーと搬送チャンバーの間、又は、搬送チャンバーとCVDチャンバーとの間にバッファチャンバーを設ける。そして、スパッタチャンバーの手前の搬送路上にはロードロックチャンバーが設けられ、CVDチャンバーの後ろ側の搬送路上にはアンロードロックチャンバーが設けられる。尚、このようなインライン式の装置に比べると、図1に示すチャンバー配置は、搬送路が短くでき、装置の占有面積が小さく

できるメリットがある。

【0086】

【発明の効果】以上説明した通り、本願の請求項1又は2記載の発明によれば、スパッタチャンバーとCVDチャンバーとの間には搬送チャンバーに加えてバッファチャンバーが設けられているので、プロセスの相互汚染が効果的に防止される。また、搬送チャンバーを二つ設ける構成に比べて占有面積の大幅な増加が無く、生産性の低下等の問題も生じない。また、請求項3記載の発明によれば、上記効果に加え、バッファチャンバーとCVDチャンバー又はスパッタチャンバーとの間の基板の搬送の際には、搬送チャンバーとバッファチャンバーとの間のゲートバルブを閉めることができるので、この点でさらに相互汚染が抑制される。また、請求項4記載の発明によれば、上記効果に加え、CVDチャンバー内の残留ガスがバッファチャンバーを経由して他のチャンバーに拡散するのが抑制される。このため、CVDチャンバー内の残留ガスによる他のチャンバーの雰囲気の汚染の問題がさらに抑制される。また、請求項5記載の発明によれば、上記効果に加え、バッファチャンバー内で基板を加熱して脱ガスを行ったり、基板を冷却したりする動作が行えるので、プロセスの品質が向上したり、装置全体の生産性が向上したりする効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態に係るスパッタ化学蒸着複合装置の概略構成を示す平面図である。

【図2】図1に示すスパッタチャンバー2の概略構成を示す正面図である。

【図3】図1に示すCVDチャンバー3及びバッファチャンバー4の概略構成を示す正面図である。

【図4】図1及び図3に示すバッファチャンバー4及びCVDチャンバー3の斜視概略図である。

【図5】補助搬送機構の構成を説明する正面概略図である。

【図6】本願発明を想到する過程で成された発明の構成を説明する平面概略図であり、相互汚染を抑制させたスパッタ化学蒸着複合装置の構成を示す図である。

【図7】本願発明を想到する過程で成された発明の構成を説明する平面概略図であり、相互汚染を抑制させたスパッタ化学蒸着複合装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

1 搬送チャンバー

10 ゲートバルブ

11 搬送機構

2 スパッタチャンバー

22 排気系

23 ターゲット

231 スパッタ電源

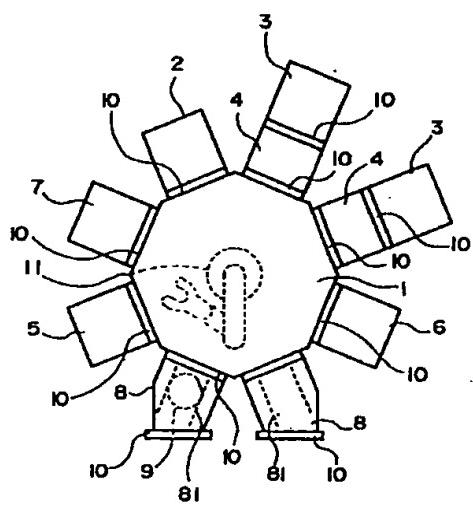
24 磁石機構

25 ガス導入手段

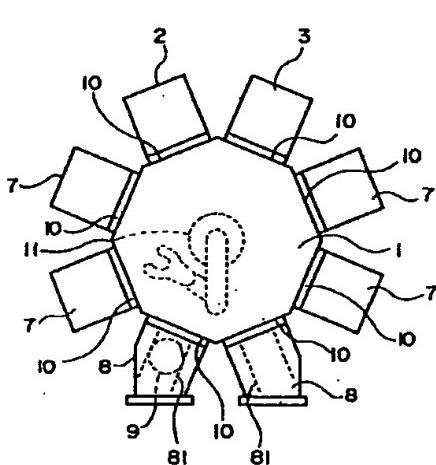
- 26 基板ホルダー
 27 イオン化手段
 28 電界設定手段
 3 CVDチャンバー
 32 排気系
 33 ガス導入手段
 34 基板ホルダー
 35 ヒータ
 36 プラズマ形成手段
 4 バッファチャンバー
 41 排気系
 42 滞留ステージ

- 43 加熱手段
 44 冷却手段
 45 昇降機構
 46 パージガス導入系
 47 バッファ用真空計
 48 1 移動体
 48 2 磁気カップリング
 5 エッティングチャンバー
 6 アリヒートチャンバー
 10 7 他の処理チャンバー
 8 ロードロックチャンバー
 9 基板

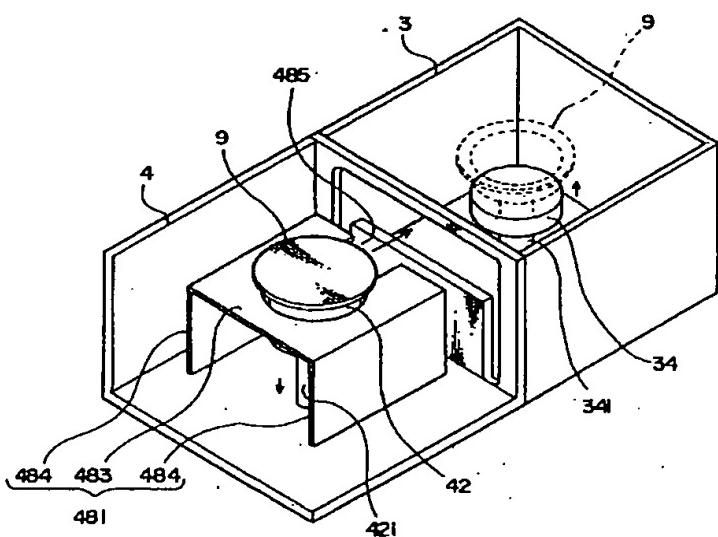
【図1】



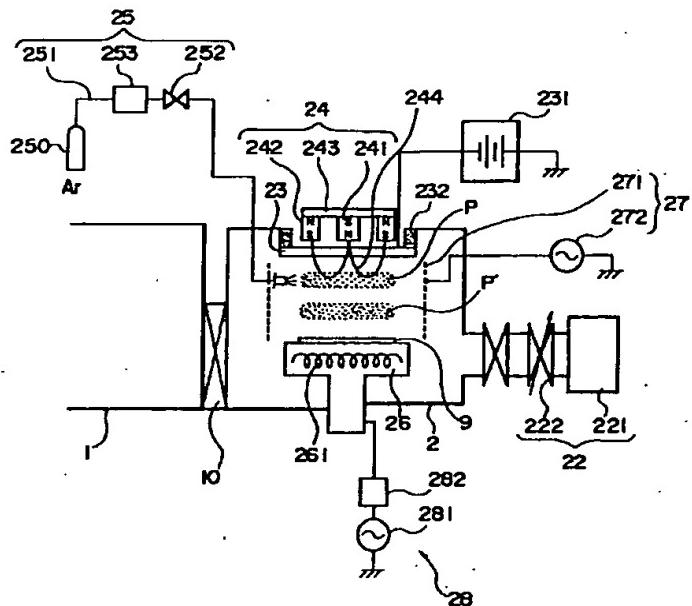
【図6】



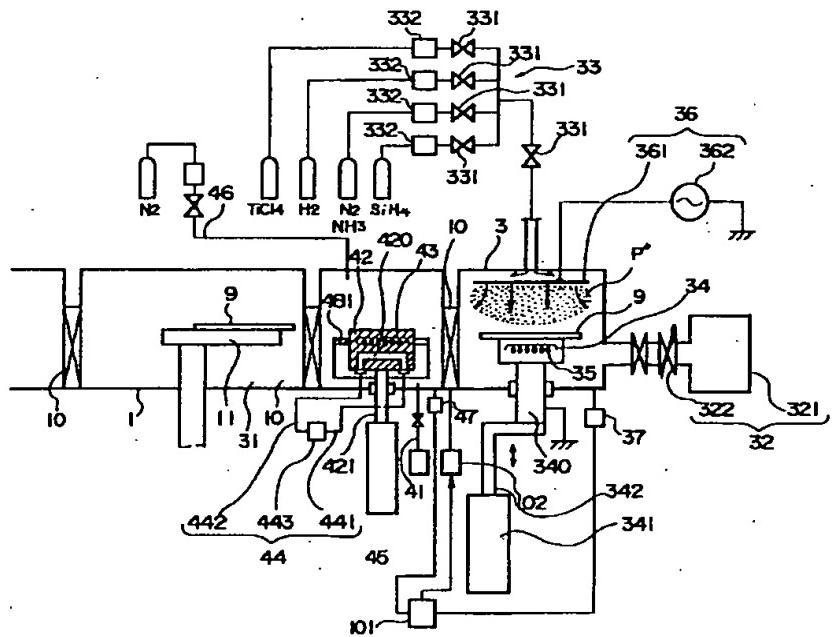
【図4】



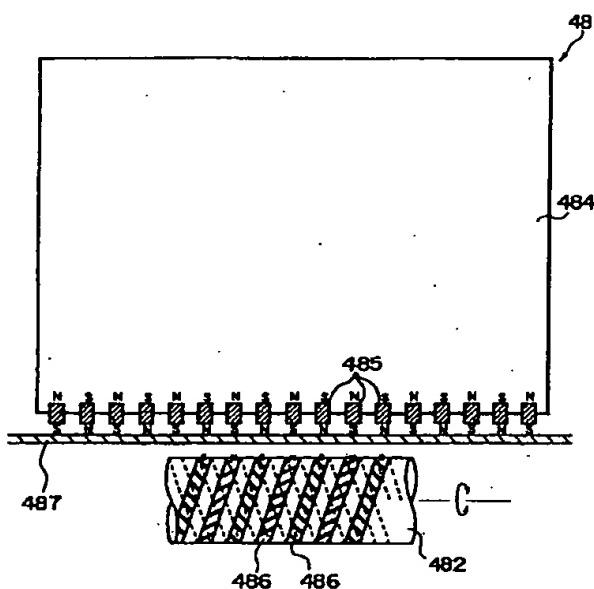
【図2】



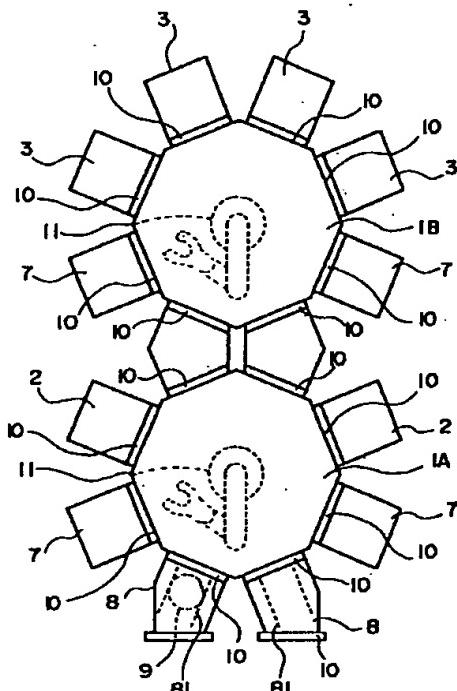
【図3】



【図5】



【図7】



【手続補正書】

【提出日】平成11年2月5日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 スパッタを行うスパッタチャンバーと、化学蒸着を行うCVDチャンバーとを備え、搬送機構を備えた搬送チャンバーを介してスパッタチャンバーとCVDチャンバーとが気密に接続された構造のスパッタ化学蒸着複合装置であって、搬送チャンバーとCVDチャンバーとの間又は搬送チャンバーとスパッタチャンバーとの間には、バッファチャンバーが設けられており、スパッタチャンバーとCVDチャンバーとは搬送チャンバー及びバッファチャンバーを介して気密に接続されていることを特徴とするスパッタ化学蒸着複合装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】FET(電界効果トランジスタ)等の構造を有するLSIでは、電極部への配線構造として、下地半導体層と配線層との相互拡散を防止する拡散防止層を設けた構造が採用されている。この拡散防止層は、電気抵抗の小さいチタン薄膜とバリア性の高い窒化チタン薄膜とを積層した構造となっている場合が多い。このような拡散防止層は、これまでスパッタによって形成されてきた。例えばチタン薄膜と窒化チタン薄膜とを積層させる場合、チタンよりなるターゲットをアルゴンガスによってスパッタして始めにチタン薄膜を作成する。その後、ガスを窒素に代えてスパッタし、窒素とチタンとの反応を補助的に利用しながら窒化チタン薄膜を作成する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】このように高アスペクト化するホールに対しては、必要とされるボトムカバレッジ率で成膜して拡散防止層を形成することが困難になってきている。拡散

防止層を構成する薄膜は上述した通りスパッタで作成されるが、スパッタの場合、ボトムカバレッジ率の高い成膜を行うためには、ターゲットから放出される粒子（以下、スパッタ粒子）がホールの底面に多く到達する必要がある。しかしながら、アスペクト比が高くなると、ホールの底面に到達するスパッタ粒子の量が少なくなる。即ち、基板にはば垂直に入射する限られた粒子しか底面に到達できない。従って、ホールの底面での成膜速度が低下し、ボトムカバレッジ率が低くなってしまう。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】また、低圧遠隔スパッタでは、基板の周辺部におけるホールへの成膜、特にホールの側壁への成膜に不均一性が生じてしまう問題がある。即ち、基板の中央部のホールの内面に対しては、薄膜がほぼ均等に堆積する。しかしながら、基板の周辺部のホールの内面に対しては、外側よりの側壁には比較的厚く薄膜が堆積するものの、内側よりの側壁には薄膜は薄くしか堆積しない。これは、次のような理由による。基板の中央部ではスパッタ粒子は基板に垂直な方向を中心として少し左右にずれて均等に入射してくる。しかしながら、基板の周辺部では、外側に向けて斜めに入射してくるスパッタ粒子が多くなり、結果的に、ホールの内側よりの側壁に対する膜厚が不足してしまう。このように膜厚が不足すると、相互拡散防止の効果が十分得られなくなり、デバイス特性を阻害する要因となる。このような問題から、低圧遠隔スパッタは、開口直径（又は幅）が0.25μm（アスペクト比では4程度）までのデバイスの製作が限度であると言われている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、スパッタを行うスパッタチャンバーと、化学蒸着を行うCVDチャンバーとを備え、搬送機構を備えた搬送チャンバーを介してスパッタチャンバーとCVDチャンバーとが気密に接続された構造のスパッタ化学蒸着複合装置であって、搬送チャンバーとCVDチャンバーとの間又は搬送チャンバーとスパッタチャンバーとの間には、バッファチャンバーが設けられており、スパッタチャンバーとCVDチャンバーとは搬送チャンバー及びバッファチャンバーを介して気密に接続されているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、上記請求

項1の構成において、前記スパッタチャンバー及び前記CVDチャンバーは、前記搬送チャンバーの周囲に気密に接続された処理チャンバーの一つであるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、上記請求項1又は2の構成において、前記バッファチャンバーと前記CVDチャンバー又は前記スパッタチャンバーとの間で基板の搬送を行う補助搬送機構が設けられているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、上記請求項1、2又は3の構成において、前記バッファチャンバーは、前記搬送チャンバーと前記CVDチャンバーとの間に設けられているとともに、内部にバージガスを導入するバージガス導入系を有しており、バッファチャンバーとCVDチャンバーとの間に設けられたゲートバルブは、バッファチャンバー内の圧力がCVDチャンバー内の圧力より高い場合にのみ開かれるものであるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項5記載の発明は、上記請求項1、2、3又は4の構成において、前記バッファチャンバー内で基板を所定温度に加熱する加熱手段又は基板を所定温度に冷却する冷却手段を有しているという構成を有する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態について説明する。図1は、実施形態に係るスパッタ化学蒸着複合装置の概略構成を示す平面図である。図1に示す装置は、図6や図7に示す装置と同様、マルチチャンバータイプの装置であり、中央に配置された搬送チャンバー1と、搬送チャンバー1の周囲に設けられた複数の処理チャンバー2、3、4、5、6、7及び二つのロードロックチャンバー8からなるチャンバー配置になっている。各チャンバー1、2、3、4、5、6、7、8は、専用の排気系によって排気される真空容器である。また、搬送チャンバー1に対する各チャンバー2、3、4、5、6、7、8の接続箇所にはゲートバルブ10がそれぞれ設けられている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】搬送チャンバー1内には、搬送機構11が設けられている。搬送機構11は、一方のロードロックチャンバー8から基板9を一枚ずつ取り出し、各処理チャンバー2、3、4、5、6、7に送って順次処理を行うようになっている。そして、最後の処理を終了した

後、他方のロードロックチャンバー8に戻すようになっている。搬送機構11としては、先端に基板9を載置して保持するアームを備えた多関節ロボットが好適に使用される。二つのアームを備えて同時に二枚の基板9を独立して移動させることができるように構成されると、搬送の効率が向上するため好適である。また、搬送チャンバー1内は、不図示の排気系によって排気され、常時 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ Torr程度の真空圧力が維持される。従って、搬送機構11としては、この真空圧力下で動作可能なものが採用される。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】排気系22は、クライオポンプ等の真空ポンプ221を使用してスパッタチャンバー2内を 10^{-8} Torr程度まで排気可能に構成される。排気系22は、バリアブルオリフィス等の排気速度調整器222を有する。ターゲット23は、絶縁材232を介してスパッタチャンバー2に取り付けられている。ターゲット23は、この実施形態ではチタン製である。スパッタ電源231は、負の高電圧をターゲット23に印加するように構成される。この他、高周波電圧をターゲット23に印加するよう構成される場合もある。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】一方、基板ホルダー26には、電界設定手段28が設けられている。電界設定手段28は、スパッタチャンバー2内に基板9に垂直な電界を設定し、上記イオン化スパッタ粒子を基板9に垂直に入射させるよう構成されている。電界設定手段28としては、本実施形態では、基板ホルダー26に高周波電圧を印加して高周波とプラズマPとの相互作用により基板9に負の自己バイアス電圧を与える基板用高周波電源281が採用されている。基板用高周波電源281としては、例えば13.56MHz出力300W程度のものが使用できる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正内容】

【0047】さて、本実施形態の装置の大きな特徴点は、図1及び図3に示すように、搬送チャンバー1とCVDチャンバーとの間にバッファチャンバー4が介在されている点である。バッファチャンバー4は気密な真空容器であり、ゲートバルブ10を介して搬送チャンバー

1及びCVDチャンバー3に気密に接続されている。バッファチャンバー4には、専用の排気系41が設けられており、バッファチャンバー4内を 10^{-8} Torr程度まで排気することができるようになっている。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】バッファチャンバー4内には、基板9が一時に滞留する滞留ステージ42が設けられている。滞留ステージ42は円筒又は円柱状の部材であり、上面に基板9が載置される。滞留ステージ42内には、加熱手段43及び冷却手段44が設けられている。加熱手段43は、通電によりジュール熱を発生させるものであり、カートリッジヒーター等が使用できる。また、冷却手段44は、滞留ステージ42内に設けた冷媒流通路420に沿って冷媒を循環させるものである。冷却手段44は、冷媒流通路420に冷媒を導入する導入管441と、冷媒流通路420から冷媒を排出する排出管442と、導入管及び排出管とをつなぐサーチューレータ443等から構成される。サーチューレータ443では、冷媒を所定の低温に維持して導入管441に送出する。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正内容】

【0052】また、バッファチャンバー4には、内部にバージガスを導入するバージガス導入系46が設けられている。バージガス導入系46は、バージガスとして窒素等の不活性ガスをバッファチャンバー4内に導入するようになっている。バッファチャンバー4内の圧力は、バッファ用真空計47でモニタされるようになっている。一方、このバッファ用真空計47の測定データは、CVD用真空計37の測定データとともに、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10の開閉制御を行う制御部101に送られるようになっている。制御部101は、両測定データを比較して、バッファチャンバー4内の圧力がCVDチャンバー3内の圧力より高い場合に限り、バルブ駆動機構102を動作させてゲートバルブ10を開けるよう構成されている。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正内容】

【0056】その後、プラズマ形成手段36及びガス導入手段33の動作を停止し、CVDチャンバー3内を再

度高真空排気する。そして、ゲートバルブ10が開き、基板9はCVDチャンバー3から取り出される。これで、CVDチャンバー3内での一連の動作が終了する。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正内容】

【0057】また、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間で基板9の搬送を行う補助搬送機構が設けられている。補助搬送機構の構成について、図4及び図5を使用して説明する。図4は、図1及び図3に示すバッファチャンバー4及びCVDチャンバー3の斜視概略図、図5は、補助搬送機構の構成を説明する正面概略図である。尚、図4では、バッファチャンバー4及びCVDチャンバー3は、途中の高さより上側の部分など、一部図示が省略されている。図4及び図5に示すように、補助搬送機構は、上面に基板9を載せて搬送する移動体481と、移動体481を水平方向に移動させる磁気カップリング482等から構成されている。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正内容】

【0058】移動体481は、図4に示すように、水平な姿勢の上板部483と、上板部483の両側から下方に延びるようにして設けた両側板部484とからなる。移動体481は、上板部483の中央に開口を有する。この開口は、基板9の直径よりも小さく、滞留ステージ42よりは大きい。また、図5に示すように、移動体481は側板部484の端部に小さな磁石（以下、移動体側磁石）485を多数有している。各移動体側磁石485は、上下の面に磁極を有している。そしてこの磁極は、図5に示すように、配列方向に交互に逆の磁極になっている。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正内容】

【0068】エッチングチャンバー5は、アルゴン等のスパッタエッチング用のガスを導入する手段と、導入されたガスに高周波エネルギーを供給するなどしてプラズマを形成する手段と、プラズマ中から正イオンを引き出して基板9に入射させる電界を設定する手段とを備えている。プラズマ中の正イオンが基板9の表面に入射すると、表面の自然酸化膜や保護膜がスパッタエッチングされて除去される。この結果、基板9の本来の材料の清浄な表面が露出する。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】また、他の処理チャンバーのうちの別の一つは、成膜前に基板9を予備加熱するプリヒートチャンバー6として構成される。プリヒートチャンバー6は、前述した基板ホルダー26と同様の不図示の基板ホルダーを備えている。基板ホルダー内には抵抗発熱方式等のヒーターが設けられており、基板ホルダーに載置された基板9を200~300°C程度まで加熱できるよう構成されている。加熱時間は、100~200秒程度である。尚、基板ホルダーに基板9を静電吸着させて熱伝導性を向上させたり、基板ホルダーと基板9との間の隙間に熱伝導性を向上させるガスを供給したりすることがある。予備加熱の主な目的は、脱ガス即ち基板9の吸着ガスを加熱して放出させることにある。また、予め所定温度まで基板9を加熱しておくと、スパッタチャンバー2内で加熱に要する時間が短縮できるメリットもある。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0070

【補正方法】変更

【補正内容】

【0070】以上で本実施形態の装置の構成についての説明を終了し、次に装置の全体の動作について説明する。動作の一例として、前述した拡散防止層を形成する処理を行う場合について説明する。図1において、不図示のオートローダによって所定数の基板9が一方のロードロックチャンバー8に搬入され、ロードロックチャンバー8内のカセット81に収容されている。搬送機構11は、この一方のロードロックチャンバー8から一枚の基板9を取り出し、まずエッチングチャンバー5に送る。エッチングチャンバー5では、前述の通り表面の自然酸化膜や保護膜が除去される。次に、搬送機構11はこの基板9をプリヒートチャンバー6に送る。基板9は、プリヒートチャンバー6内で予備加熱され、脱ガスが行われる。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正内容】

【0071】その後、搬送機構11はこの基板9をスパッタチャンバー2に送る。スパッタチャンバー2内では、前述したようにチタン製のターゲット23をアルゴンガスでスパッタし、チタン薄膜を基板9の表面に堆積させる。この際、ターゲット23から放出されるスパッタ粒子がイオン化し、電界によってより垂直に基板9に

入射するため、微細なホールの内面の被覆性が向上する。

【手稿補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0077

【補正方法】変更

【補正內容】

【0077】そして、本実施形態では、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間で基板9の搬送を行う補助搬送機構が設けられている。そして、バッファチャンバー4とCVDチャンバーとの間で基板9の搬送を行う際には、バッファチャンバー4と搬送チャンバー1との間のゲートバルブ10は閉じられる。また、バッファチャンバー4と搬送チャンバー1との間で基板9の搬送を行う場合には、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10は閉じられる。つまり、バッファチャンバー4とCVDチャンバー3との間のゲートバルブ10と、バッファチャンバー4と搬送チャンバー1との間のゲートバルブ10とが同時に開くことはない。

【手稿補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0085

【補正方法】変更

【補正內容】

【0085】また、請求項1の発明の実施形態としては、図1に示すようなチャンバー配置ではなく、スパッタチャンバー、搬送チャンバー及びCVDチャンバーを縦設したインライン式の装置の構成が挙げられる。この場合も、スパッタチャンバーと搬送チャンバーの間、又は、搬送チャンバーとCVDチャンバーとの間にバッファチャンバーを設ける。そして、スパッタチャンバーの手前の搬送路上にはロードロックチャンバーが設けられ、CVDチャンバーの後ろ側の搬送路上にはアンロードロックチャンバーが設けられる。尚、このようなインライン式の装置に比べると、図1に示すチャンバー配置は、搬送路が短くでき、装置の占有面積が小さくできるメリットがある。

【手稿補正 22】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】

